



⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

⑩ DE 101 60 463 A 1

⑥ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 M 8/04

DE 101 60 463 A 1

⑦ Aktenzeichen: 101 60 463.7  
⑧ Anmeldetag: 10. 12. 2001  
⑨ Offenlegungstag: 18. 6. 2003

⑪ Anmelder:  
Viessmann Werke GmbH & Co., 35108 Allendorf,  
DE

⑭ Vertreter:  
Wolf & Wolf Patentanwälte, 63456 Hanau

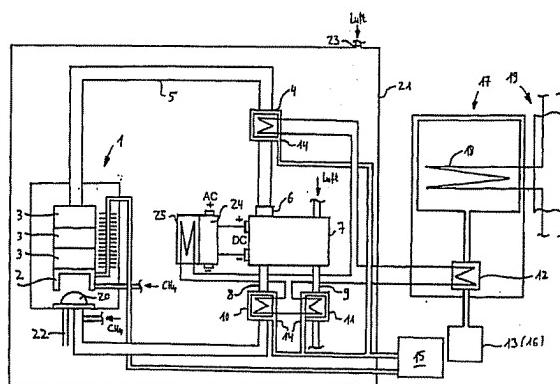
⑫ Erfinder:  
Britz, Peter, Dr., 35066 Frankenberg, DE; Zatenar,  
Nicolas, 45879 Gelsenkirchen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Brennstoffzellenanlage

⑦ Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellenanlage zur Hausenergieversorgung. Diese umfasst einen Apparat (1) zur Erzeugung von Wasserstoff, der aus einem Reformer (2) zur Umwandlung von Kohlenwasserstoffgas und Wasser in Wasserstoff und weitere Reformer-Produkte mit nachgeschalteten Gasreinigungsstufen (3) besteht, wobei der Apparat (1) über eine mit einem Wärmeaustauscher (4) versehene Verbindungsleitung (5) mit einem Anodenanschluss (6) einer PEM-Brennstoffzelle (7) verbunden ist, die mindestens eine anodenseitige (8) und eine kathodenseitige Abfuhrleitung (9) aufweist, welche jeweils mit einem Wärmetauscher (10, 11) versehen ist. Nach der Erfindung ist vorgesehen, dass mindestens einer der Wärmetauscher (4, 10, 11) mit einem weiteren Wärmetauscher (12) verbunden ist, der seinerseits zur hausinternen Nutzung der bei der Brennstoffzellenanlage anfallenden Wärme mit einer Wärmesenke (13) in Verbindung steht.



DE 101 60 463 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellenanlage zur Hausenergieversorgung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Brennstoffzellenanlagen bestehen im allgemeinen, d. h. beispielsweise auch bei Anwendungen in der Automobilindustrie, einerseits aus einem Reformer zur Bereitstellung des Wasserstoffs und andererseits aus einer Brennstoffzelle, die den Wasserstoff unter brennstoffzellenspezifischer Luftzufuhr in elektrische Energie umsetzt. An verschiedenen Stellen der Anlage herrschen dabei prozessbedingt sehr unterschiedliche Temperaturen. Beispielsweise beträgt die Prozessgastemperatur am Ausgang des Reformerapparats (also nach der Gasfeinreinigungsstufe) etwa 120°C. Eine PEM-Brennstoffzelle wird aber vorzugsweise mit etwa 70°C betrieben, d. h. üblicherweise ist in der Verbindungsleitung zwischen dem Reformerapparat und der Brennstoffzelle ein Wärmetauscher vorgesehen, der für die erforderliche Temperatursenkung sorgt. Die dabei anfallende Wärme wird in der Regel zur Vorwärmung der Reformer-Edukte verwendet. Überschüssige Wärme fällt darüber hinweg aus aber auch an den anoden- und kathodenseitigen Abfuhranschlüssen der Brennstoffzelle an, denn aufgrund der Brennstoffzellenbetriebstemperatur tritt dort das Anodenrestgas bzw. der entstehende Kathodendampf mit etwa 70°C aus. Auch diese Wärmen werden üblicherweise mittels eines Wärmetauschers ausgekoppelt und einem reformer- oder brennstoffzelleninternen Prozess zur Verfügung gestellt, wobei aber prinzipiell festzustellen ist, dass aufgrund des andernfalls erforderlichen, erheblichen technischen Aufwandes grundsätzlich Wärmeverluste nicht auszuschließen sind, d. h. insbesondere bei Brennstoffzellenanlagen in der Kraftfahrzeugtechnik sind wirkungsgradmindernde Wärmeverluste praktisch unumgänglich.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Brennstoffzellenanlage der eingangs genannten Art beschränkt auf das Anwendungsbereich der stationären Wärme- und Stromversorgung den Gesamtwirkungsgrad einer solchen Anlage auf einfache Art und Weise zu verbessern.

[0004] Diese Aufgabe ist mit einer Brennstoffzellenanlage der eingangs genannten Art durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 aufgeführten Merkmale gelöst.

[0005] Erläuterungsbedürftig ist dabei der allgemein gefasste Begriff "Wärmesenke", mit dem beispiels- und vorzugsweise eine Kaltwasserleitung gemeint ist und der prinzipiell zum Ausdruck bringt, dass jede zur Verfügung stehende kalte Quelle geeignet ist, um Wärme aus dem Anlagenprozess aufzunehmen, die dann einer hausinternen Nutzung, wie beispielsweise einem Warmwasserspeicher, zugeführt wird. Die Wärmesenke stellt also ein kaltes Temperaturniveau dar, das durch die Zufuhr von Prozesswärme aufgeheizt wird und auf diese Weise einen Wärmebeitrag beispiels- und vorzugsweise beim Erhitzen eines Warmwasserspeichers liefert.

[0006] Der Erfindung liegt mithin die Idee zugrunde, und dies prädestiniert sie auch für den Anwendungsbereich der stationären Hausenergieversorgung, mittels einer in jedem Gebäude normalererweise in Form eines Kaltwasseranschlusses vorhandenen Wärmesenke bzw. Kältequelle Prozesswärmes auszukoppeln und für Heizzwecke, und zwar insbesondere für die ganzjährlich erforderliche Warmwasserversorgung, bereitzustellen bzw. zu nutzen.

[0007] Hinsichtlich der Formulierung "mindestens einer der Wärmetauscher" ist schließlich anzumerken, dass bei sehr geringem Wärmebedarf auch schon die Wärmeauskopplung über einen einzigen Wärmetauscher ausreichend ist, wobei aber in der Regel davon ausgegangen werden

kann, dass mehr als ein brennstoffzellenanlagenseitiger Wärmetauscher an der erfindungsgemäßen, mit der Wärmesenke verbundenen Wärmetauscher angekoppelt ist. Bei höherem Wärmeleistungsbedarf ist vorzugsweise entsprechend vorgesehen, möglichst alle an der Brennstoffzellenanlage vorandene Wärmetauscher über den an der Kältequelle angeordneten Wärmetauscher zu führen.

[0008] Insbesondere für den Fall, dass der Reformer mit einem erhöhten S/C-Verhältnis (Steam/Carbon-Verhältnis: Überdurchschnittlich viel Wasser im Vergleich zur Menge an Kohlenwasserstoffgas) betrieben wird, ist dabei vorzugsweise vorgesehen, den Wärmetauscher in der Verbindungsleitung zwischen Reformer und Brennstoffzelle als Kondensator mit Wasserabscheider auszubilden, d. h. der im Prozessgas gebundene Wasserdampf wird auskondensiert und einem Prozesswassersammelbehälter zugeführt, der seinerseits vorzugsweise zur Bereitstellung von Prozesswasser mit dem Reformer verbunden ist. Diese Kreislaufführung des Prozesswassers bringt dabei den erheblichen Vorteil mit sich, dass der Anlage nicht stets neues, kostenaufwendig demineralisiertes Wasser (zur Gewährleistung der Protonenleitfähigkeit – der Brennstoffzellenmembran erforderlich) zugeführt werden muss.

[0009] Ergänzend oder alternativ ist darüber hinaus vorteilhaft vorgesehen, die anoden- und kathodenabfuhrseitigen Wärmetauscher ebenfalls als Kondensatoren mit Wasserabscheidern auszubilden, die vorzugsweise auch mit dem Prozesswassersammelbehälter verbunden sind, um auf diese Weise die Prozesswässer möglichst effizient nutzen zu können.

[0010] Die Verwendung der Wärmesenke hat somit vorteilhaft zur Folge, dass größere, als bisher üblich, im Kreislauf befindliche Wassermengen auskondensierbar sind, d. h. die für den Reformerprozess erforderliche Menge an Wasser kann durch auskondensieren der Produktströme gewonnen werden, so dass sich letztlich ein Gleichgewicht zwischen erforderlicher und sich durch Auskondensieren ergebender Wassermenge einstellt.

[0011] Ferner ist zur weiteren Wirkungsgradsteigerung der Anlage vorteilhaft vorgesehen, dass mindestens der mit einem Brenner betriebene Reformer, die Gasreinigungsstufen und die PEM-Brennstoffzelle in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind, wobei eine Luftsaugleitung des Brenners zur Ausnutzung der im Gehäuse anfallenden Wärmen zum Innern des Gehäuses hin geöffnet ausgebildet ist und das Gehäuse distanziert zum Öffnungsquerschnitt der Luftsaugleitung eine Luftsaugöffnung aufweist. Auf diese Weise kann also die im Gehäuse anfallende Restwärme zur Vorheizung der Brennerluft genutzt werden.

[0012] Ferner ist noch vorteilhaft vorgesehen, dass ein an der PEM-Brennstoffzelle vorgesehener Stromwechselrichter mit einer Wärmetauschereinrichtung versehen ist, die mit dem wärmenkesseligen Wärmetauscher in Verbindung steht. Hierdurch ist es wirkungsgradoptimierend möglich, auch die Verlustwärme des Stromwechselrichters für Heizzwecke zu nutzen.

[0013] Andere vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den übrigen abhängigen Ansprüchen.

[0014] Die erfindungsgemäße Brennstoffzellenanlage einschließlich ihrer vorteilhaften Weiterbildungen wird nachfolgend anhand der zeichnerischen Darstellung eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0015] Die in der einzigen Figur dargestellte Brennstoffzellenanlage zur Hausenergieversorgung umfasst einen Apparat 1 zur Erzeugung von Wasserstoff, der aus einem Reformer 2 zur Umwandlung von Kohlenwasserstoffgas und Wasser in Wasserstoff und weitere Reformer-Produkte mit nachgeschalteten Gasreinigungsstufen 3 besteht, wobei der

Apparat 1 über eine mit einem Wärmetauscher 4 versehene Verbindungsleitung 5 mit einem Anodenanschluss 6 einer PEM-Brennstoffzelle 7 verbunden ist, die mindestens eine anodenseitige 8 und eine kathodenseitige Abfuhrleitung 9 aufweist, welche jeweils mit einem Wärmetauscher 10, 11 versehen ist.

[0016] Wesentlich für diese Brennstoffzellenanlage ist nun, dass mindestens einer der Wärmetauscher 4, 10, 11 mit einem weiteren Wärmetauscher 12 verbunden ist, der seinerseits zur hausinternen Nutzung der bei der Brennstoffzellenanlage anfallenden Wärmen mit einer Wärmesenke 13 in Verbindung steht. Diese Wärmesenke 13 besteht dabei in der Regel aus einem Kaltwasseranschluss 16, der eine gleichbleibende Temperatur von etwa 15°C aufweist.

[0017] Nach der Erfahrung ist also vorgesehen, dass die am Wärmetauscher 4 der Verbindungsleitung 15 oder den anoden- und kathodenabfuhrseitigen Wärmetauschern 10, 11 anfallende Wärme zum Wärmetauscher 12 geführt und dort an vom Kaltwasseranschluss 16 kommendes Wasser übertragen wird. Dieses damit vorgeheizte Wasser kann dann beispielsweise zum Zwecke der Warmwasserversorgung eines Hauses, wie dargestellt, mittels eines weiteren mit einem Heizkreis 19 verbundenen Wärmetauschers 18 auf die tatsächlich erforderliche Temperatur aufgeheizt werden, wobei der Heizkreis 19 vorzugsweise (nicht dargestellt) thermisch mit dem Apparat 1 zur Erzeugung von Wasserstoff verbunden ist.

[0018] Um, wie beschrieben, anfallende Prozesswässer nutzen zu können, ist bei der dargestellten Ausführungsform vorteilhaft vorgesehen, dass die brennstoffzellenanlagenseitigen Wärmetauscher 4, 10, 11 als Kondensatoren mit jeweils einem Wasserabscheider 14 ausgebildet sind (je nach Bedarf ist diese Maßgabe natürlich nicht für alle Wärmetauscher zwingend). Das anfallende Wasser wird dabei vom Wasserabscheider 14 über eine Sammelleitung einem Prozesswassersammelbehälter 15 zugeführt. Vom Prozesswassersammelbehälter 15 führt eine weitere Verbindungsleitung zum Reformer, um diesen mit Prozesswasser zu versorgen. Im Reformergehäuse anfallende Restwärmemengen können dabei mittels des dargestellten Wärmetauschers vorteilhaft zur Vorheizung des Prozesswassers genutzt werden.

[0019] Um auch alle übrig gebliebenen anfallenden Restwärmen effektiv zu nutzen, ist ferner vorteilhaft vorgesehen, dass mindestens der mit einem Brenner 20 betriebene Reformer 1, die Gasreinigungsstufen 3 und die PEM-Brennstoffzelle 7 in einem gemeinsamen Gehäuse 21 angeordnet sind, wobei eine Luftansaugleitung 22 des Brenners 20 zur Ausnutzung der im Gehäuse 21 anfallenden Wärmen zum Innern des Gehäuses 21 hin geöffnet ausgebildet ist und das Gehäuse 21 distanziert zum Öffnungsquerschnitt der Luftansaugleitung 21 eine Luftansaugöffnung 23 aufweist. Unter "distanziert" ist dabei zu verstehen, dass die Luftansaugöffnung 23 an einem Ort angebracht ist, der einen thermodynamischen "Kurzschluss" (d. h. eine Direktansaugung ohne Zwischenwärmung der kalten, angesaugten Umgebungsluft) ausschließt.

[0020] Schließlich ist vorteilhaft vorgesehen, dass ein an der PEM-Brennstoffzelle 7 vorgesehener Stromwechselrichter 24 zur Nutzung der beim Stromwechselrichten anfallenden Wärme mit einer Wärmetauscheinrichtung 25 versehen ist, die mit dem wärmesenke seitigen Wärmetauscher 12 in Verbindung steht und diese Wärme an die Wärmesenke 13 abgibt.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Apparat
- 2 Reformer

- |    |                             |
|----|-----------------------------|
| 3  | Gasreinigungsstufe          |
| 4  | Wärmetauscher               |
| 5  | Verbindungsleitung          |
| 6  | Anodenanschluss             |
| 7  | PEM-Brennstoffzelle         |
| 8  | Anodenabfuhrleitung         |
| 9  | Kathodenabfuhrleitung       |
| 10 | Wärmetauscher               |
| 11 | Wärmetauscher               |
| 12 | Wärmetauscher               |
| 13 | Wärmesenke                  |
| 14 | Wasserabscheider            |
| 15 | Prozesswassersammelbehälter |
| 16 | Kaltwasseranschluss         |
| 17 | Warmwasserspeicher          |
| 18 | Wärmetauscher               |
| 19 | Heizkreis                   |
| 20 | Brenner                     |
| 21 | Gehäuse                     |
| 22 | Luftansaugleitung           |
| 23 | Luftansaugöffnung           |
| 24 | Stromwechselrichter         |
| 25 | Wärmetauscheinrichtung      |

#### Patentansprüche

1. Brennstoffzellenanlage zur Hausenergieversorgung, umfassend einen Apparat (1) zur Erzeugung von Wasserstoff, der aus einem Reformer (2) zur Umwandlung von Kohlenwasserstoffgas und Wasser in Wasserstoff und weitere Reformer-Produkte mit nachgeschalteten Gasreinigungsstufen (3) besteht, wobei der Apparat (1) über eine mit einem Wärmetauscher (4) versehene Verbindungsleitung (5) mit einem Anodenanschluss (6) einer PEM-Brennstoffzelle (7) verbunden ist, die mindestens eine anodenseitige (8) und eine kathodenseitige Abfuhrleitung (9) aufweist, welche jeweils mit einem Wärmetauscher (10, 11) versehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Wärmetauscher (4, 10, 11) mit einem weiteren Wärmetauscher (12) verbunden ist, der seinerseits zur hausinternen Nutzung der bei der Brennstoffzellenanlage anfallenden Wärmen mit einer Wärmesenke (13) in Verbindung steht.
2. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der brennstoffzellenanlagenseitigen Wärmetauscher (4, 10, 11) als Kondensator mit einem Wasserabscheider (14) ausgebildet ist.
3. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Wasserabscheider (14) hydraulisch mit einem Prozesswassersammelbehälter (15) verbunden ist.
4. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozesswassersammelbehälter (15) zur Bereitstellung von Prozesswasser mit dem Reformer (1) verbunden ist.
5. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmesenke (13) ein Kaltwasseranschluss (16) ist.
6. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der wärmesenke seitige Wärmetauscher (12) thermisch mit dem Kaltwasseranschluss (16) eines Warmwasserspeichers (17) verbunden ist.
7. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein im Warmwasserspeicher (17) angeordneter Wärmetauscher (18) eines Heizkreises (19) dem dem Kaltwasseranschluss nachfolgenden

wärmesenkeseitigen Wärmetauscher (12) nachgeschaltet ist.

8. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens der mit einem Brenner (20) betriebene Reformer (1), die Gasreinigungsstufen (3) und die PEM-Brennstoffzelle (7) in einem gemeinsamen Gehäuse (21) angeordnet sind, wobei eine Luftsaugleitung (22) des Brenners (20) zur Ausnutzung der im Gehäuse (21) anfallenden Wärmen zum Innern des Gehäuses (21) hin geöffnet 10 ausgebildet ist und das Gehäuse (21) distanziert zum Öffnungsquerschnitt der Luftsaugleitung (21) eine Luftsaugöffnung (23) aufweist.

9. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, dass ein an der PEM-Brennstoffzelle (7) vorgesehener Stromwechselrichter (24) mit einer Wärmetauschereinrichtung (25) versehen ist, die mit dem wärmesenkeseitigen Wärmetauscher (12) in Verbindung steht.

20

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

